

## 目錄

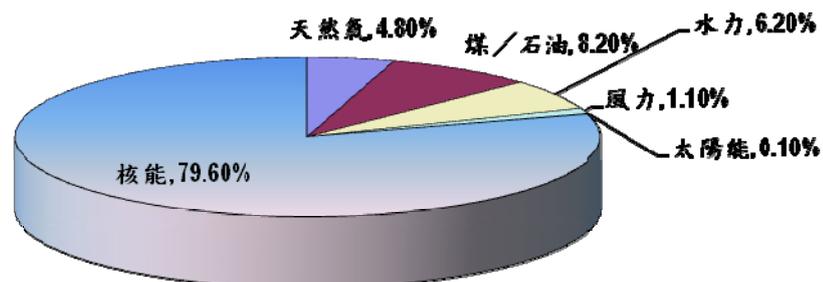
壹、前言.....	2
貳、出國行程.....	3
參、評估活動.....	4
肆、Chooz B NPP 特色.....	7
伍、心得與感想.....	12
陸、建議事項.....	14
柒、參考文獻.....	16

## 壹、前言

1986年4月26日，蘇俄車諾比爾（Chernobyl）核能電廠事故後，全球核能發電業界深覺全球的核能發電同業應該加強彼此之間的聯繫，互相交換經驗、發生事故時能及早提供資訊，互相支援。遂由美國核能運轉協會（INPO）及國際電力能源發電及配電組織（UNIPED）聯合於1987年10月25日成立世界核能發電協會（World Association of Nuclear Operators；英文簡稱 WANO；中文簡稱世核會），WANO 的組成包括四個區域中心（亞特蘭大、莫斯科、巴黎和東京），及一個協調中心（位於倫敦）；WANO 的宗旨是藉由會員之間的資訊交流及合作增進各核能電廠營運的安全性及可靠度。主要計畫如下：

- 一、運轉經驗交流
- 二、同業評估（Peer Review）
- 三、專業和技術發展之研討會、講習班和課程
- 四、技術支援和交換

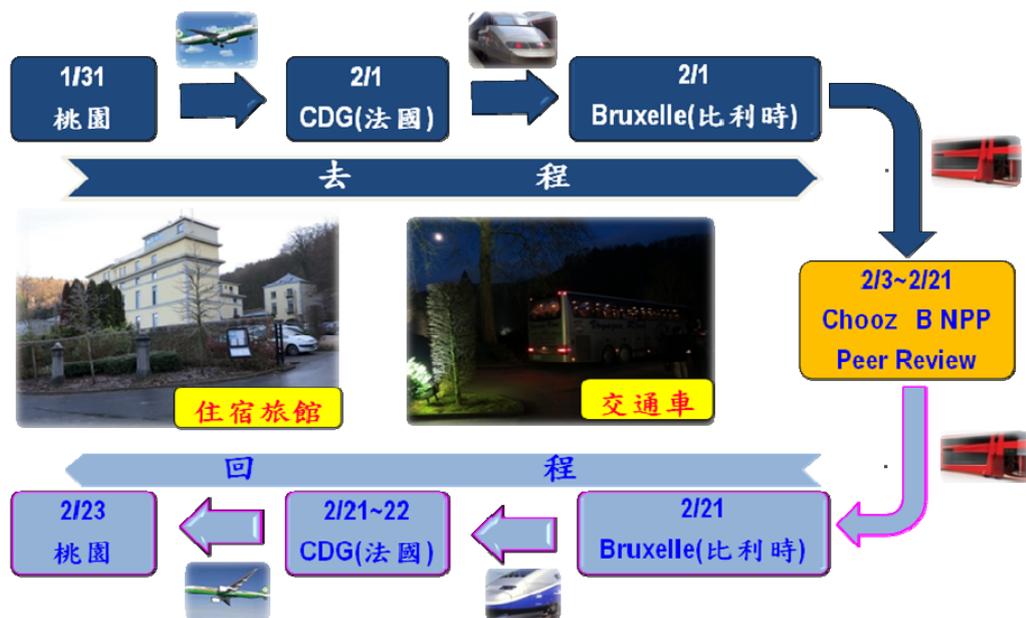
本次出國之任務，即擔任法國 EDF 旗下 Chooz B NPP 之同業評估；EDF（Électricité de France，法國電力公司）為法國國營企業，法國之電力系統結構（如圖一所示）：化石燃料占 13%、再生能源占 7.4%、核能發電占 79.6%；而核能發電包括 19 個核能電廠，皆為壓水式反應器，計有 58 部機組，其中 900MWe 占 34 部機組、1300MWe 占 20 部機組、1450 MWe 占 4 部機組；Chooz NPP 包括 Chooz A NPP 及 Chooz B NPP，Chooz A NPP 屬於 310 MWe，1991.10.30 停止運轉，目前正在除役中，本次僅針對 Chooz B NPP 執行同業評估。



圖一、法國電力系統結構

## 貳、出國行程

### 一、行程說明：



圖二、行程說明

註：1.CDG：巴黎夏爾·戴高樂機場（Aéroport Paris-Charles-de- Gaulle，CDG）

2.Bruxelle：布魯塞爾(比利時首都)。

二、本次行程原先排定 2014.03.31 開始，因該廠該時段另有其他要務而提前 2 個月至 2014.01.31 開始；出國行程之安排，完全由 WANO PC 之助理人員負責，包括機票、車票之購買、車站至旅館之接應人員安排及旅館住宿(含回程於機場附近住宿旅館)等。

三、Chooz B NPP 電廠位於法國北部，Ardennes 省，Chooz 自治區，在 Meuse 河畔上；為法國經運轉 600 反應爐年之經驗後，自行設計之核能電廠，反應器為 N4 型，特色為主控制室完全電腦化(Fully Computerised Control Room)、更有效率及簡潔之汽機(More efficiency and compact turbine)；包含二部 1450 MWe 機組，2003 年提升功率至 1500 MWe，提供約 4%之法國核能電力供應；詳細之建廠及商轉時間，如下表所述：

機組	反應爐型式	淨發電量	建廠起始日期	建廠完成日期	商轉日期
Chooz - B 1	PWR	1500 MWe	01.01.1984	30.08.1996	15.05.2000
Chooz - B 2	PWR	1500 MWe	31.12.1985	10.04.1997	29.09.2000

註：PWR：Pressurized Water Reactor。



圖三、Chooz B NPP

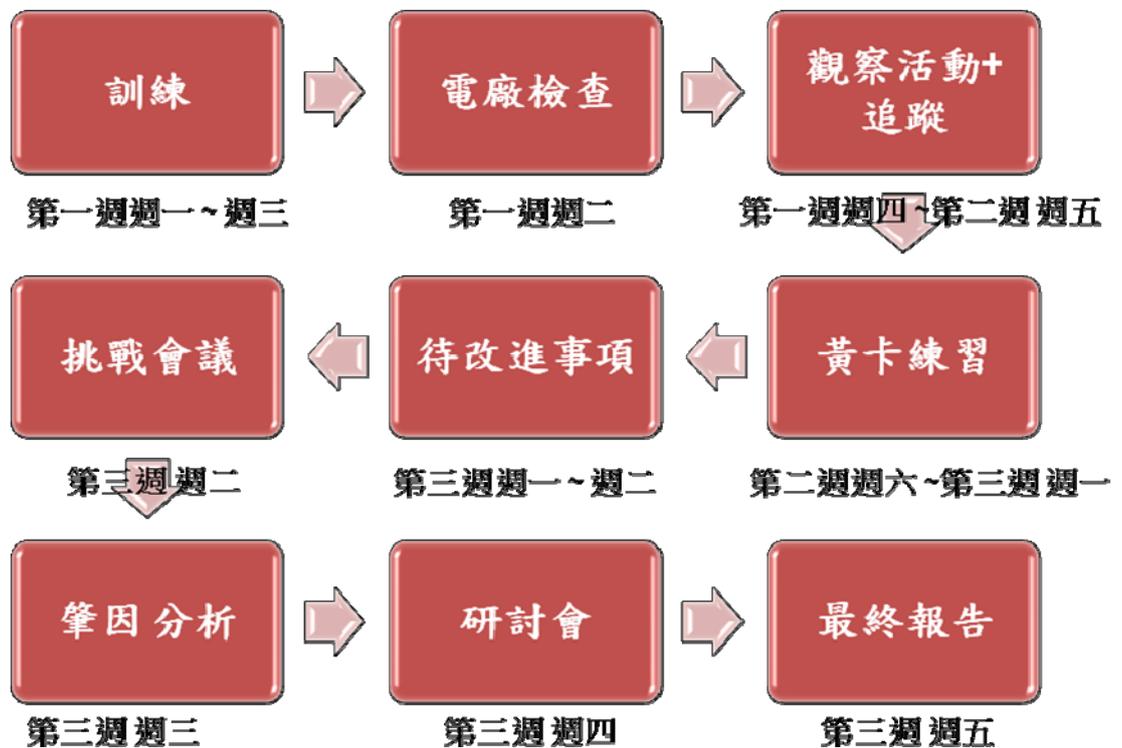
### 參、評估活動

- 一、本次評估團隊共計 30 人，含 25 位評估員、一位領隊、二位協調員、一位觀察員(WANO TC)及一位離廠代表(中國大陸紅沿河核電廠廠長)，來自 14 個不同國家，評估員中 WANO PC 占 10 位，而觀察員和離廠代表約於第三週才加入評估團隊。
- 二、評估活動共分成 10 個領域，包括：組織管理(Organization Administration, OA)、運轉(Operation, OP)、維護(Maintenance, MA)、工程支援(Engineering Support, EN)、輻射防護(Radiological Protection, RP)、重要運轉經驗報告(Significant Operating

Experience Report，SOER）、化學(Chemistry，CH)、訓練與品質(Training and Qualification，TQ)、工安(Fire Protection，FP)、緊急準備(Emergency Preparedness，EP)等。

三、WANO PC 對核能電廠之 Peer Review，主要依據為新版(2013-1)之 WANO PO&C (Performance Objectives and Criteria)。

四、WANO PC 評估活動如下圖所示：(WANO TC 之評估活動與 WANO PC 有些小差異，因兩者之評估活動所需時間不同。)



圖四、WANO PC 之 Peer Review 活動過程

(一)、訓練：雖然每位評估員於行前需取得評估員訓練資格，但為讓評估員能更熟悉評估活動，評估領隊安排所有評估活動於評估前再訓練一次；其中第一週前三天之訓練內容包含進廠訓練、電廠檢查、評估計畫、觀察作業等，另黃卡練習、待改進事項(Area for Improvement，AFIs)及肇因分析(Causes & Contributors，C/C)之相關訓練，則分別於待該項任務執行之前，再訓練。

- (二)、電廠檢查：第一週第二天下午執行，共計 4 個小時，包含電廠環境介紹；電廠檢查完畢後，當晚於旅館針對電廠之各項缺失撰寫白卡。
- (三)、觀察與追蹤：第一週第四天至第二週第五天約有 7 天時間執行現場各項維修或相關活動之觀察；觀察作業過程中如有疑問，可藉由與工作人員訪談，或要求電廠提供書面資料及程序書查詢了解；執行觀察活動中，每天早上做現場觀察，下午撰寫觀察報告，16：00 P.M 與相對應人員 (Counterpart) 針對當天之觀察結果交換意見，17：00 P.M 舉行評估團隊會議，由評估領隊主持，各領域報告當天觀察結果之優點與缺失，當天晚上於旅館繼續撰寫觀察報告，並安排及準備隔天之觀察活動。
- (四)、黃卡練習：所有評估員須於第二週之週五上午完成觀察報告之撰寫，其中每份觀察報告之所有事實( Facts )均需獨立說明，包括發生地點、內容及可能影響後果( So What )；評估團隊協調員協助印出所有觀察報告後，分別裝於檔案夾內，每位評估員一份，評估員需花 4~6 小時完成所有觀察報告閱讀，找出各自負責領域之相關 Facts 後，再將各領域之所有相關 Facts 逐一系列印出來，貼於黃色之黏貼紙上，完成黃卡練習活動(本項工作於第二週之週六完成)。
- (五)、AFI 撰寫：第三週之週一舉行，各領域之 Counterpart 與評估員把該領域之所有 Facts 利用黃卡貼於大字報上，逐一檢討每個 Fact 內容，歸類出可能發展之 AFIs，再撰寫 AFIs 報告。
- (六)、挑戰會議：第三週之週二舉行，由評估團領隊主持，所有評估員及協調員均需參與此項會議，針對各領域提出之 AFIs 逐一檢討，確認是否有足夠之 Facts 可成立該 AFI，並

- 同時討論各評估員針對電廠所提出之優良典範( Strengths ) 或作業優點( Beneficial Practices, BPs ), 確認是否值得提出。
- (七)、肇因分析：第三週之週三舉行，依據挑戰會議後定稿之 AFI，由評估員與各領域之 Counterpart 及相關人員製作泡泡圖( Bubble Chart )，逐一檢討可能產生此項 AFI 之肇因或貢獻因子( Causes & Contributors )。
- (八)、研討會( Work Shop )：第三週之週四下午舉行，由電廠之高階層管理主管包含廠長、副廠長等、評估團領隊及離廠代表參加，各領域之評估員針對所提之 Strengths 或 BPs 及 AFI 逐一報告與討論；其中 AFI 部分，評估員報告內容，Counterpart 報告產生肇因，會議全程即時翻譯( 英文譯成法文、法文譯成英文)；會議中，該廠之高階層管理主管秉持坦然態度，完全不避諱的檢討問題所在。
- (九)、最終報告( Final Presentation )：第三週之週五上午於該廠之展示館禮堂舉行，約 100 位該廠相關人員參與，每位評估員皆需報告負責領域之 Strengths 或 BPs 及 AFI，會議全程即時翻譯( 英文譯成法文、法文不翻譯，以節省時間)；所有報告內容，於前一天下午皆經過事先排練；最終報告結束，電廠發給評估團隊成員每位一個午餐盒，至此結束所有評估活動，評估團隊成員返回各自單位。

#### 肆、Chooz B NPP 特色

##### 一、嚴密保安管制

- (一).進出電廠檢查：完全比照機場之安檢模式，Chooz B NPP 只有一個警衛室，員工進出時，需先脫除外套，放於大型置物盤，隨身攜帶物品放於小型置物盤，均經  $\chi$  光機檢查，人員經過金屬探測器及保警人員盤查，手機不准帶入

警衛室以內。

- (二).識別證：員工或契約工之個人識別證皆以 EDF 名義發行，即一張個人識別證可通行 EDF 旗下所有事業部門。



- (三).旋轉門及密碼：個人識別證於發放時，提供兩組密碼，進出時除掃描識別證外，需配合輸入個人密碼，旋轉門才會自動開啓；其中欲進入燃料廠房時，需輸入兩組密碼，其他區域則輸入一組密碼即可；Chooz B NPP 從警衛室開始，至各個廠房及辦公區皆設置獨立圍籬及旋轉門，以管制工作人員進出。

## 二、嚴謹工安要求

- (一).安全眼鏡：安全眼鏡嵌在安全帽上，欲使用時，往下拉即可配戴安全眼鏡，如右圖所示。

- (二).手握扶手：最近本公司核能部門大力推行之上下樓梯必須手握扶手，Chooz B NPP 亦嚴格要求工作人員遵守。



- (三).吸菸區：雖然法國每包香菸需 7 歐元，但法國吸菸之人口比例不低，特別是女性員工蠻普遍的，該電廠每一個區域或廠房之出入口旁即設有吸菸區，由 冂 字型透明壓克力搭建而成，冂 字型前、後供吸菸人員出入，吸菸區內放兩個菸蒂收集器皿。

- (四).氧氣偵測器：當電廠產生檢修工作聯絡書或輻射工作許可證( Radiation Work Permit, RWP )時，皆需經過風險防範部門( Risk Prevention Department, SPR )評估作業中可能產生風險及相關需求工具，負責工作之檢驗員依據評估結果，至工具室(以輔助廠房為例，工具室位於地下一樓區域)借用所需工具，包含所有工具及氧氣偵測器等；各項維修工

作所需之工具，無論是提供給 EDF 員工或契約包商，均由電廠負責，輻射管制區內並無任何一個契約商之工具箱。

### 三、自主輻安管制

(一).風險防範部門( SPR ):電廠內屬於 EDF 員工計有 720 人(14% 為女性)，另有 200 名全職契約員工，而 SPR 僅有 31 名員工，須負責工業安全、輻射安全及風險評估，故電廠內之相關工安及輻安要求均採自主式管制模式。

(二).風險防範訓練( Risk Prevention Training ):電廠之工安與輻安相關訓練均包括在內，每次訓練有效期限為 3 年，分 Level 1 與 Level 2 兩種訓練等級，訓練內容要求不同，工作權限亦不相同，Level 1 屬於工作層級，完成該訓練之員工於現場不能單獨操作；Level 2 屬於檢驗員層級，可單獨操作，並負責督導 Level 1 層級員工之風險防範。

(三).輻射管制區( Radiologically Controlled Area , RCA )要求：

1.冷室更衣區( Cold Change Room )與熱室更衣區( Hot Change Room ):Chooz B NPP 之反應器廠房設計方式與一般壓水式核電廠相同，但不同於進入輔助廠房前，須先經過一棟專供輻射安全後勤用途之建築物，該建築物內規劃有 Cold Change Room 與 Hot Change Room 。

2.工作人員欲進入 RCA 時，須先經該棟建築物之 Cold Change Room，將身上衣物脫除(男性剩內褲、女性剩內、衣褲)後，置放於櫃子(Locker)內，Locker 透過個人識別證管制開啓或關閉，每部機組約有 500 個 Lockers；再取用工安帽、電子式劑量警報計( Electronic Pocket Dosimeter，EPD )及穿著薄套鞋後，進入 Hot Change Room，拋棄薄套鞋後，開始穿著襪子、衛生衣、連身衣、棉紗手套及工安鞋後，再進入 RCA 工作。

### Cold Change Room

進入RCA前，脫除全身衣褲(內褲除外)。



圖五、Cold Change Room

### Hot Change Room

入RCA後，再著裝(含工安鞋)。



圖六、Hot Change Room

3.工作結束欲離開 RCA 時，先以手提式污染偵測器 (Portable Frisker) 偵測雙手、雙腳後，再偵測安全帽、經過門框監測器(站立式、偵測時間：3 秒)，確認均無污染疑慮後，脫除安全鞋、手套、連身衣、衛生衣及襪子後，穿著薄套鞋，再量測安全帽及隨身攜帶物品，人員經由

全身污染偵測器(偵測時間：8 秒；廢料廠房之偵測時間為 18 秒)偵測後，再確認無污染疑慮後，至個人衣物之 Locker 取出個人衣物，穿妥後離開；偵測過程中，如任一環節發現污染疑慮時，管制區出口處，設有除污站，可供污染工作人員立即除污用。



圖七、工作人員離開 RCA 偵測過程(一)



圖八、工作人員離開 RCA 偵測過程(二)



圖九、工作人員離開 RCA 偵測過程(三)

#### 四、極佳廠務管理( House-keeping )

- (一).由上節所述之 RCA 要求，即可了解 Chooz B NPP 對於工作人員進出 RCA 管制之嚴謹程度，工作人員幾乎不會把灰塵帶入 RCA。
- (二).對於 RCA 維修或作業所需之工具，統一由 Chooz B NPP 負責提供，RCA 內無任何一只私人用途之工具箱。
- (三).對於物料進出 RCA 之管制方式(例如鋼瓶)亦極為嚴謹，欲進入之鋼瓶外表面須以黏性塑膠布纏住，使用完畢欲離開 RCA 時，再拆除塑膠布，並經偵測無污染疑慮後，方可離去。
- (四).電廠之廠務管理非常好，管制區內非常乾淨，設備或地面、牆壁等未見有油漆脫落情形，亦未見鏽蝕管線或設備等。

#### 伍、心得與感想

- 一、非常感謝電廠及總公司各級主管讓職有機會參與此次 WANO PC 評估團隊任務，擔任法國 Chooz B NPP 同業評估之 RP 評估員。

- 二、Chooz B NPP 為法國經過運轉 900 MWe NPP 及 1300 MWe NPP 之 600 反應爐年經驗後，自行設計建造之核能電廠，為目前法國 4 部 1450 MWe 其中 2 部機組，可說是法國目前運轉中最先進之核能電廠之一，擔任這麼先進電廠之評估員，加上此為職第一次參與 WANO Peer Review 工作，在語言障礙與榮譽感之使命下，此次工作所承受之壓力非常大，幸在同伴的互相協助及團隊合作下，順利完成這次任務。
- 三、WANO 各中心針對旗下核能電廠每六年舉行一次 Peer Review，法國 EDF 於日本福島發生核災後(2011.03.11)，即主動要求 WANO PC 將 Peer Review 改為四年一次，同時於二年後執行追蹤查核；另法國政府每四年要求國際原子能總署（IAEA）的運轉安全審查小組（Operational Safety Review Team；OSART）針對各核電廠運作做安全審查，同樣的二年後執行追蹤查核；因此，EDF 非常重視 WANO PC 之評估活動，影響所及 Chooz B NPP 亦非常重視評估團隊，且抱持開放態度與評估成員充分討論所發現之 Facts。
- 四、RP 領域之 Counterpart 為 SPR 經理，因 Chooz B NPP 之 SPR 成員不多，負責電廠輻安、工安與風險評估工作，因此日常工作非常忙碌，在將近七天觀察活動中，皆由個人與翻譯於現場任意觀察各項維修或例行作業，再於下午四時與 Counterpart 討論觀察結果，而 Counterpart 對於觀察結果幾乎全盤接受，其他領域亦同，很少有推遲(Pushback)之情形；每日下午五時之 Team Meeting，領隊皆會詢問各領域與 Counterpart 之互動情形，而答案均極為正面，不外乎 Good、Very Good 或 Excellent 等。
- 五、有關前章節所述 Chooz B NPP 電廠特色：嚴密保安管制、嚴謹工安要求、自主輻安管制及極佳廠務管理等，亦是個人心得，在此不再贅述。

- 六、本次行程所需費用，包含機票、車票、住宿及日用費等，全部由 WANO TC 或 PC 支付，本公司僅支付保險費用(NT:794 元)，期間工作壓力雖然很大，但無論從 WANO PC 團隊分工合作且用心工作態度、WANO PO&C 高標準評估活動、Chooz B NPP 先進作業環境及廠務管理或個人語言能力等，皆獲得很大收穫。
- 七、本次作業之行前規劃，包括個人防護裝備( Personal Protection Equipment, PPE )、文具用品、進廠手續及評估員辦公室等，在評估員到達前即可規劃準備妥善，因此所有評估員到達電廠，一小時內即可開始工作；評估活動期間之休閒活動(第一週週末)，電廠安排至 2.5 小時車程遠之 Reims，當日上午九點出發，然回至旅館已為隔日凌晨一時，但電廠包含廠長及所有 Counterpart 均全程陪同，足見 Chooz B NPP 對評估團隊重視。
- 八、Chooz B NPP 有關輻射防護部分除前述之自主性輻安管理外，另仍有些許與本公司不同，例如契約廠商之熱發光劑量徽章 ( Thermal Luminescent Dosimeter, TLD )完全由雇主發放與管理，工作人員個人接受劑量之解讀、體內全身計測等皆由醫務室醫護人員負責。

## 陸、建議事項

- 一、核二廠今年 11 月即將接受 WANO TC 全領域之 Peer Review，爲了讓受評電廠能放心的接受評估，WANO 非常強調所有評估文件皆要以密件處理，目的就是爲了讓電廠所有員工能坦然接受評估活動；此行 Chooz B NPP 雖屬 EDF 19 個核能電廠之一，但所有評估員均覺得該廠上至廠長、下至第一線員工，對評估團隊均非常重視，且坦然面對所有評估結果，對於發現之事實 (Facts)很少有推遲(Pushback)情形，此種態度值得本公司參考學習，否則真正評估活動只有 6~7 天，加上語言隔閡，評估員能

發現之事實將非常有限，並不利於受評估電廠發現缺失；總公司長官亦可鼓勵各單位受評電廠之所有員工，應秉持坦然心態，面對 WANO 評估活動。

- 二、Chooz B NPP 於員工進入警衛室時，採飛安模式之保安檢查，並嚴禁工作人員將個人手機攜入警衛室之管制方式，值得本公司各核電廠參考學習；另 EDF 以整個事業部名義發行員工識別證，本公司亦可研擬是否可行。
- 三、安全眼鏡嵌在安全帽上及自主式工安管理，亦值得本公司各核電廠參考學習，可從規劃購入新安全帽時著手，另增加現場之工安標示，要求所有員工觀看，採取漸進式由目前之被動式工安管理進入自主式工安管理。
- 四、輻安方面：進入 RCA 之著裝方式固然非常理想，但需有足夠之空間設置，在目前電廠現有之空間下，並不可行；但 Chooz B NPP 對工作人員於污染區作業完畢，離開污染區時，機動式設置 Portable Frisker 要求工作人員先確認手及腳是否清潔？目前各電廠雖於管制區內設置 Portable Frisker 或手足污染偵測器等，但做法不及 Chooz B NPP 嚴謹，故本公司各核電廠可參考學習。
- 五、目前本公司各核電廠管制區內均擺設相當多數量之清潔與污染工具箱，以核二廠為例，每部機組約有 250 個工具箱；於污染管制防範上相當不容易，如能長遠規劃，由電廠提供所有維修工具，不僅可杜絕污染管制之死角，亦可提供更佳之廠務管理。
- 六、目前 WANO 已規劃將 Peer Review 之評估頻率由六年改為四年，未來本公司將有極多之機會被 WANO 各中心邀請擔任評估員，無可否認評估員之工作非常辛苦，除工作時間長外，工作期間所承擔之壓力可能亦非常大，但仍建請公司鼓勵同仁，並培訓同仁具擔任評估員資格，在客觀條件許可下，踴躍參與 WANO 評估活動，以增進同仁歷練機會。

## 柒、參考文獻

- 一、The New WANO Performance Objectives and Criteria (PO&C, 2013-1)。
- 二、How to Review PO&C 2013-1 (RP&RS) Radiological Safety。
- 三、[http://en.wikipedia.org/wiki/Chooz\\_Nuclear\\_Power\\_Plant](http://en.wikipedia.org/wiki/Chooz_Nuclear_Power_Plant)。